

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Air merupakan salah satu bagian yang penting dan dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Manusia, hewan maupun tumbuhan pasti membutuhkan air guna kelangsungan hidup. Masyarakat yang bertempat tinggal di bawah sumber air tidak perlu bersusah payah untuk mendapatkan air untuk kebutuhan sehari-hari karena sesuai dengan hukum fisika air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Sehingga masyarakat hanya perlu membuat saluran air agar air biasa sampai di rumah penduduk. Tetapi Untuk masyarakat yang bertempat tinggal di atas sumber air, mereka harus menggunakan peralatan mekanis untuk menyediakan air.

Pompa adalah peralatan mekanis yang telah lama digunakan untuk mengalirkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi atau ke suatu tempat tertentu dengan jarak lebih jauh. Pompa merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi ketersediaan air. Namun dalam hal ini, pompa air yang digunakan adalah pompa air konvensional. Pompa air konvensional terbilang cukup mahal dan membutuhkan bahan bakar minyak atau listrik sebagai sumber energi untuk melakukan kerja. Belum tentu di daerah yang menggunakan pompa konvensional tersebut tersedia sumber listrik maupun bahan bakar minyak. Selain itu ketersediaan bahan bakar minyak lama kelamaan mengalami akan habis.

Oleh karena itu Hydraulic Ram Pump ( pompa hidram) adalah salah satu alat yang tepat untuk permasalahan ini. Pompa hidram digunakan untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh sumber air yang akan dialirkan. Selain itu, pompa hidram mempunyai beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan jenis pompa yang lain, yaitu tidak membutuhkan energi listrik atau bahan bakar, tidak membutuhkan pelumasan, biaya pembuatan dan pemeliharaannya relatif murah dan pembuatannya cukup mudah.

Penelitian yang dilakukan peneliti kali ini berbeda dengan penelitian yang sudah dilakukan. Perbedaan yang ada yaitu peneliti menggunakan pipa PVC/pipa bekas. Pada penelitian yang pernah dilakukan, pompa hidram menggunakan pengelasan atau pipa besi pada umumnya. Serta adanya variasi yang dilakukan pada 3 tabung udara dan seberapa besar pengaruh tabung udara terhadap unjuk kerja pompa hidram.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah diatas, maka dapat dituliskan perumusan masalah sebagai berikut

1. Bagaimana mendapatkan debit air yang optimal dari 3 varian tabung udara yang digunakan ?
2. Bagaimana mendapatkan unjuk kerja pompa hidram ?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mendapat debit air yang optimal dari 3 varian tabung udara yang digunakan.
2. Untuk mendapatkan unjuk kerja pompa hidram.

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Mengurangi penggunaan energi fosil dalam bidang penyediaan air bagi kebutuhan masyarakat.
2. Turut berpartisipasi dalam mengurangi efek pemanasan global dengan menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan.
3. Membantu kebutuhan masyarakat dengan peralatan yang lebih ekonomis.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah yang diberikan agar penelitian ini lebih fokus dan terarah dalam hal penganalisaan adalah

1. Tinggi jatuh air atau head sumber sebesar 1 m. Head sumber sebesar 1 m adalah head sumber yang paling optimal untuk menjaga kuantitas air.
2. Tinggi pemompaan air sebesar 4 m. Dengan ketinggian pemompaan sebesar 4 m, sudah cukup untuk mengairi persawahan yang belum mendapatkan pasokan air karena ketinggian permukaan persawahan lebih tinggi dari pada saluran irigasi.

3. Tabung yang digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

Material : Pipa PVC / Pipa bekas

Panjang tabung bervariasi, antara lain : 40 cm, 50 cm

Diameter tabung, antara lain : 2" = 55,40 mm, 3" = 79,20 mm

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1. Sejarah Pompa Hydram

Pompa hydram telah ada sebelum ditemukannya pompa listrik. Pada tahun 1772 Jhom Whitehurst dari Cheshire Amerika Serikat menemukan Hydraulic Ram pertama yang bekerja manual yang dinamakan "Pulsation Engine". Ia juga mengaplikasikan hydraulic ram ini di wilayah oultron untuk menaikkan air hingga ketinggian 16 ft ( 4,9 m). Dia memasang hydram yang lain pada properti milik seorang kebangsaan irlandia pada tahun 1783. Dia tidak mematenkannya, dan detail dari hydram tersebut tidak begitu jelas, tetapi diketahui bahwa hydram tersebut memiliki tabung udara.

Joseph Michael Montgolfier mengembangkan pompa hydram pertama yang dapat bekerja secara otomatis. Matthew Boulton mematenkan penemuannya itu di British patent atas nama Joseph Michael Montgolfier. Anak Montgolfier melakukan pengembangan- pengembangan pada hydram tersebut dan mematenkan pada tahun 1820. hydram yang kelihatan lebih menonjol pengaplikasiannya ketika di produksi oleh sebuah perusahaan yang bernama Easton, yang didirikan oleh James (1796- 1871). Easton menjadi salah satu perusahaan manufaktur terpenting di inggris pada abad ke 19, yang bermarkas di Erith, Kent. Easton memfokuskan diri pada proyek- proyek perpipaan, drainase dan gorong- gorong. Easton memproduksi hydram bagi kelompok- kelompok tani, rumah- rumah dan desa- desa. Bentuk pompa hydram mula- mula dapat dilihat seperti Gambar 2.1(Calhoun, 2013).



Gambar 2.1. Hidraulic ram pump pada awalnya (Calhoun, 2013)

J. J. Carneau dan S.S. Hallet mematenkan penemuan pompa hydramnya di amerika serikat pada tahun 1890. Pada tahun 1840, pemerintah amerika tertarik untuk menggunakan hydram, sehingga hydram menjadi semakin dikenal, dan pada tahun- tahun berikutnya hydram mulai diproduksi secara massal dan dijual bebas. Menjelang akhir abad ke- 19 ketertarikan pada pompa hydram mulai menurun karena ditemukannya pompa elektrik.

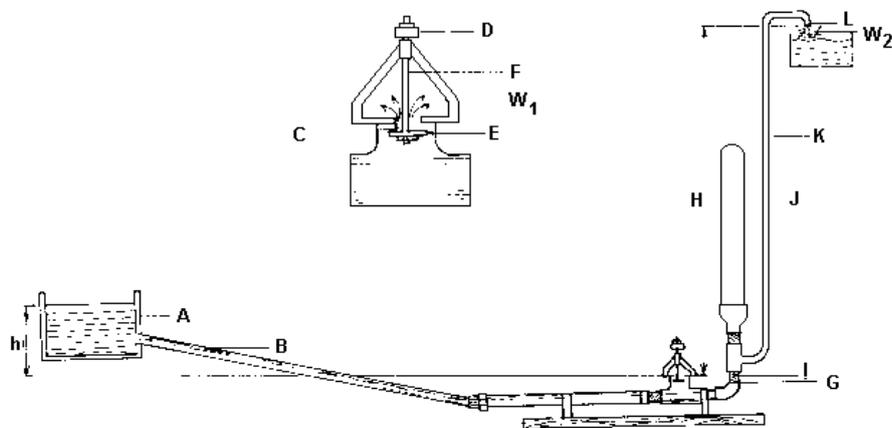
Diawal abad ke 20 ini, ketertarikan pada pompa hydram ini muncul kembali dengan adanya isu- isu mengenai penghematan energi dan pengembangan teknologi ramah lingkungan. Contoh menarik pengaplikasian terkini mengenai pompa hydram ini yaitu yang dilakukan oleh AID Foundation International di Fillipina, yang berhasil memperoleh Ashden Awards karena keberhasilannya mengembangkan pompa hydram di desa- desa terpencil.

## 2.2. Definisi Pompa Hydram

Pompa merupakan salah satu jenis alat yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Zat cair

tersebut contohnya adalah air, oli serta fluida lainnya yang tak mampu mampat.

Pompa hidram atau singkatan dari hydraulic ram berasal dari kata hydro (air) dan ram (hantaman / pukulan) sehingga dapat diartikan menjadi tekanan air. Berdasarkan definisi tersebut maka pompa hidram dapat diartikan sebagai sebuah pompa yang energi atau tenaga penggerakannya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Untuk itu, masuknya air yang berasal dari sumber air ke dalam pompa harus berjalan secara kontinyu atau terus menerus agar pompa dapat terus bekerja.



Sumber : Hanafie, 1979

Gambar 2.2. Instalasi pompa hidram

#### Keterangan

- a. Tangki pemasukan
- b. Pipa pemasukan
- c. Lubang katup limbah
- d. Pemberat katup limbah
- e. Katup limbah
- f. Tangkai katup limbah
- g. Katup udara

- i. Katup pengantar
- j. Ruang udara
- k. Pipa pengantar
- l. Lubang pengeluaran pipa pengantar
- h. Tinggi vertikal antara lubang katup limbah
- W1 Debit air yang terbangun melalui katup limbah
- W2 Debit pompa

Dalam operasinya, pompa hidram mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, yaitu tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasional murah, tidak memerlukan pelumasan, sangat kecil kemungkinan terjadinya keausan karena hanya mempunyai 2 bagian yang bergerak, perawatan sederhana dan dapat bekerja secara efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan yang sederhana, sehingga alat ini sering dianggap sebagai pompa yang ekonomis.

Penggunaan pompa hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga saja, tetapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada sektor lainnya. Untuk itu, penggunaan pompa hidram dapat memberikan banyak manfaat, diantaranya:

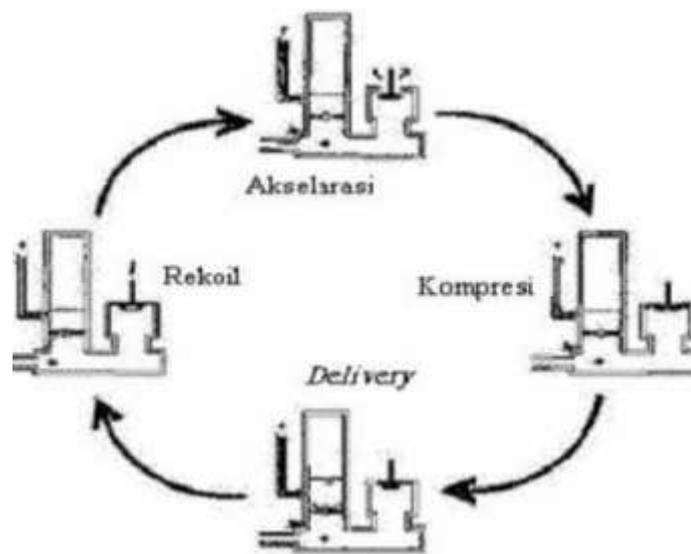
- a. Untuk mengairi sawah dan ladang ataupun areal perkebunan yang membutuhkan pasokan air secara kontinyu. Hal ini cocok diterapkan di daerah pertanian dan persawahan tadah hujan yang tidak terjangkau oleh jaringan irigasi dan terletak di tempat yang lebih tinggi daripada sumber air, karena pompa hidram dapat memompa air dari bawah ke tempat yang lebih tinggi dalam jumlah yang memadai.
- b. Untuk mengairi kolam dalam usaha perikanan.
- c. Mampu menyediakan air untuk usaha peternakan.

- d. Mampu memberi pasokan air untuk kebutuhan industri atau pabrik - pabrik pengolahan.
- e. Air yang dihasilkan mampu menggerakkan turbin yang berputar karena kekuatan air yang masuk dari pompa hidram, sehingga dapat menghasilkan listrik bila dihubungkan dengan generator.

### **2.3. Prinsip Kerja Pompa Hydram**

Mekanisme kerja pompa hidram adalah pelipat gandaan kekuatan pukulan sumber air yang merupakan input ke dalam tabung pompa hidram dan menghasilkan output air dengan volume tertentu sesuai dengan lokasi yang memerlukan. Dalam mekanisme ini terjadi proses perubahan energi kinetis berupa aliran air menjadi tekanan dinamis yang mengakibatkan timbulnya palu air, sehingga terjadi tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan perlengkapan klep buang dan klep tekan yang terbuka dan tertutup secara bergantian, tekanan dinamik diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai kompresor, yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar.

Cara kerja pompa hidram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada gambar 2.3.



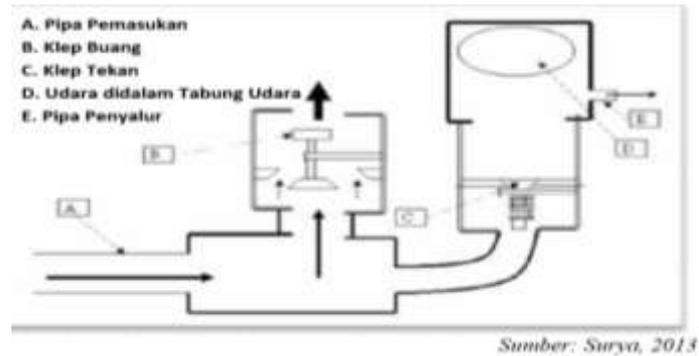
Sumber Suroso, 2012

Gambar 2.3. Prinsip kerja pompa hydram

Gambar 2.3. menjelaskan tentang cara kerja pompa hydram yang terbagi ke 4 tahap, diantaranya :

1. *Akselerasi*

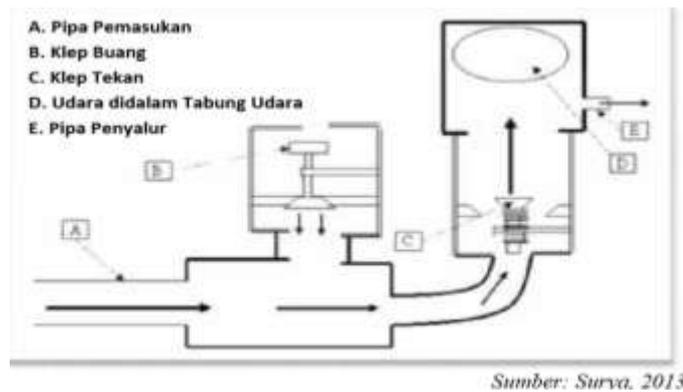
Pada tahap ini klep buang terbuka dan air mulai mengalir dari sumber air melalui pipa masuk, memenuhi badan hidram dan keluar melalui klep buang. Akibat pengaruh ketinggian sumber air, maka air yang mengalir tersebut mengalami percepatan sampai kecepatannya mencapai nol. Posisi klep tekan masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini, tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar melalui pipa penyalur. Gambar 2.4 berikut adalah skema pompa hidram pada tahap akselerasi.



Gambar 2.4 Skema pompa hydram pada tahap akselerasi

## 2. Kompresi

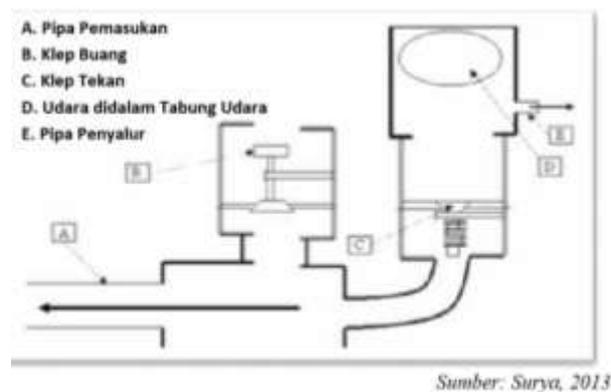
Pada tahap kompresi, tekanan air telah menyebabkan katup buang menutup secara sempurna, sehingga aliran air tidak dapat mengalir melalui katup buang. Akibatnya, air hanya mampu mengalir ke arah tabung udara. Air terus mengalir, menekan udara di dalam tabung, hingga saat dimana gaya dorong air tidak lagi mampu menekan udara di dalam tabung. Pada saat itu, air disekitar pompa tiba-tiba berhenti. Partikel air tidak mampu lagi bergerak, baik melalui katup impuls, atau melalui tabung udara. Bersamaan dengan itu, partikel air di pipa suplai masih terus mengalir dengan cepat, sehingga terjadilah tumbukan antara partikel air yang tiba-tiba terhenti dengan partikel air dalam pipa suplai yang masih bergerak cepat. Proses tabrakan itu menghasilkan hentakan yang kembali menekan udara sehingga udara dalam tabung kembali terkompresi. Skema pompa hydram saat kompresi dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Skema pompa hidram pada tahap kompresi

### 3. Penghantar

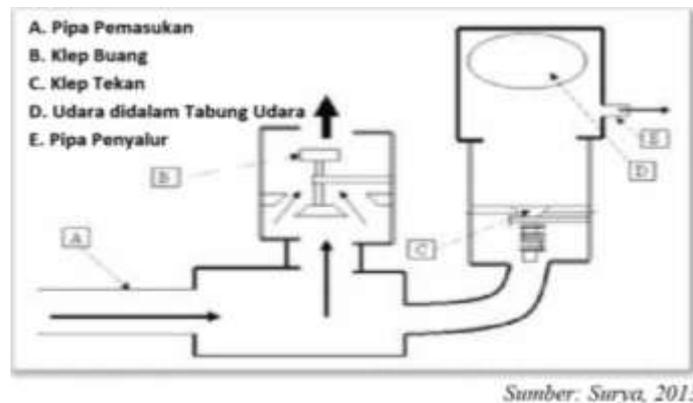
Pada tahapan yang ketiga ini, keadaan klep buang masih tetap tertutup. Penutupan klep yang secara tiba-tiba tersebut menciptakan tekanan yang sangat besar dan melebihi tekanan statis yang terjadi pada pipa masuk. Kemudian dengan cepat klep tekan terbuka sehingga sebagian air terpompa masuk ke tabung udara. Udara yang ada pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan dan mendorong air keluar melalui pipa penyalur. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema pompa hydram pada tahap penghantar

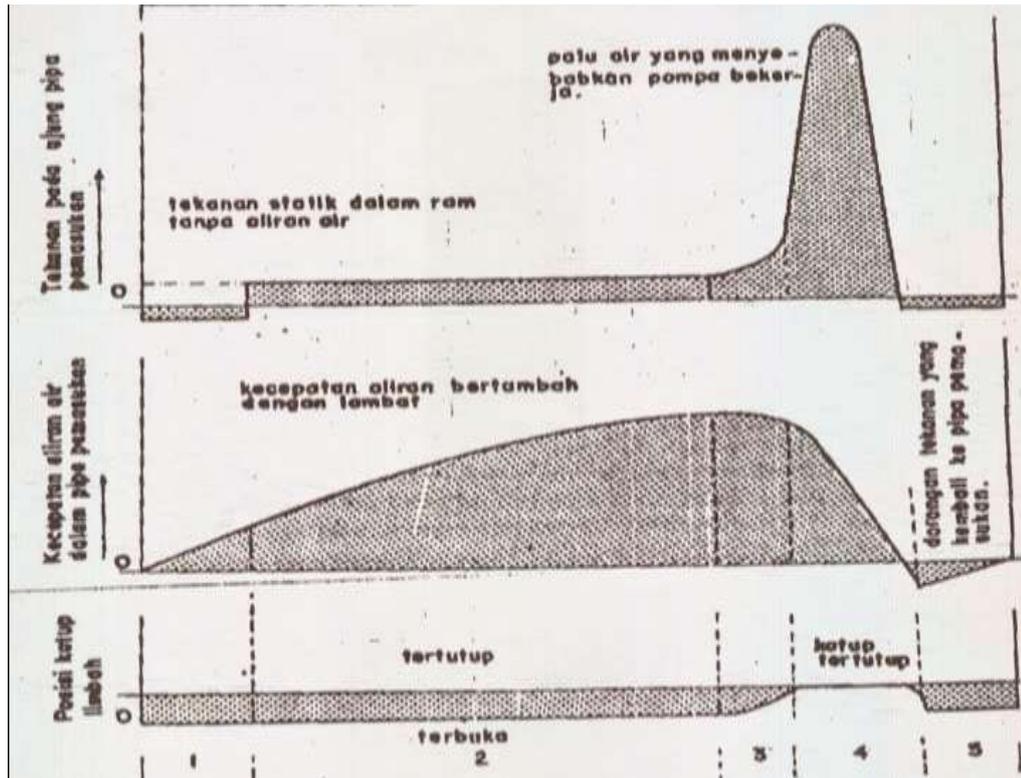
#### 4. Pembalikan (*Recoil*)

Klep tekan tertutup dan tekanan di dekat klep tekan masih lebih besar dari pada tekanan statis di pipa masuk, sehingga aliran berbalik arah dari badan hidram menuju sumber air. Rekoil menyebabkan terjadinya kevakuman pada hidram yang mengakibatkan sejumlah udara dari luar masuk ke pompa. Tekanan di sisi bawah klep buang berkurang, dan karena berat klep buang itu sendiri, maka klep buang kembali terbuka. Tekanan air pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi.



Gambar 2.7 Skema pompa hidram pada tahap rekoil

Bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan klep buang selama satu siklus kerja hidram, diperlihatkan dengan sangat sederhana dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Diagram satu siklus kerja pompa hidram (Hanafie, 1979)

Gambar 2.8 menjelaskan diagram satu siklus kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 5 periode, yaitu:

a. Periode 1

Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram bertambah, air melalui klep buang yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidram.

b. Periode 2

Aliran bertambah sampai maksimum melalui klep buang yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.

c. Periode 3

Klep buang mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidram, kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

d. Periode 4

Klep buang tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (*water hammer*) yang mendorong air melalui klep tekan. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.

e. Periode 5

Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam hidram. Klep buang terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui klep buang dan siklus hidram terulang kembali.

## 2.4. Komponen Pompa Hydram

Pompa hidram terdiri dari beberapa komponen yang membentuk suatu sistem, yang meliputi klep buang, klep tekan, tabung udara, pipa masuk / penghantar, pipa keluar / penyalur, sumber air, tandon air, dudukan hidram, mur dan baut pada sambungan.

### 2.4.1 Klep Buang

Klep buang merupakan salah satu komponen terpenting pompa hidram, oleh sebab itu klep buang harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan.

Fungsi klep buang sendiri untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara.

Klep buang dengan beban yang berat dan panjang langkah yang cukup jauh memungkinkan fluida mengalir lebih cepat, sehingga saat klep buang menutup, akan terjadi lonjakan tekanan yang cukup tinggi, yang dapat mengakibatkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sedangkan klep buang dengan beban ringan dan panjang langkah lebih pendek, memungkinkan terjadinya denyutan yang lebih cepat sehingga debit air yang terangkat akan lebih besar dengan lonjakan tekanan yang lebih kecil.

#### 2.4.2 Klep Tekan

Klep tekan adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hidram menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Klep tekan harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan hidram. Selain itu, klep tekan juga harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran.

#### 2.4.3 Tabung Udara

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang tepat, karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus ram. Selain itu, dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa pengantar secara kontinyu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung

udara akan bergetar hebat dan dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika terjadi kasus demikian, maka ram harus segera dihentikan. Untuk menghindari hal – hal tersebut, para ahli berpendapat bahwa volume tabung udara harus dibuat sama dengan volume dari pipa penyalur.

#### 2.4.4 Katup Udara

Udara dalam tabung udara secara perlahan – lahan akan ikut terbawa ke dalam pipa penyalur karena pengaruh turbulensi air. Akibatnya, udara dalam pipa perlu diganti dengan udara baru melalui katup udara.

Ukuran katup udara harus disesuaikan sehingga hanya mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap kali langkah kompresi. Jika katup udara terlalu besar, udara yang masuk akan terlampau banyak dan ram hanya akan memompa udara. Namun jika katup udara kurang besar, udara yang masuk terlampau sedikit, ram akan bergetar hebat, memungkinkan tabung udara pecah. Oleh karena itu, katup udara harus memiliki ukuran yang tepat.

Beberapa versi menyebutkan bahwa katup udara diperlukan keberadaannya dalam pompa hidram, namun banyak versi lainnya mengatakan katup udara ini tidak harus ada dalam pompa hidram, sehingga penggunaannya tergantung pada masing-masing individu yang membuat.

#### 2.4.5 Pipa Masuk/Penghantar

Pipa masuk atau biasa disebut pipa penghantar adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa penghantar harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa penghantar harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya klep buang secara tiba-tiba. Selain itu, pipa penghantar harus terbuat dari bahan yang tidak fleksibel untuk menghasilkan efisiensi yang maksimal. Biasanya pipa penghantar ini menggunakan pipa besi yang digalvanisir, tetapi bisa juga menggunakan bahan yang dibungkus dengan beton.

Untuk mengurangi kerugian-kerugian akibat gesekan, maka dalam penentuan panjang pipa penghantar harus berkisar antara 150 - 1000 kali dari ukuran diameternya. Untuk mengetahui ukuran-ukuran pipa penghantar yang sesuai dengan ketentuan tersebut maka dapat dilihat referensi pada tabel 2.1 yang menunjukkan panjang minimum dan maksimum pipa penghantar yang dianjurkan pada setiap ukuran diameter.

Tabel 2.1 Panjang pipa penghantar berdasarkan diameternya

Diameter pipa penghantar (mm)	Panjang (m)	
	Minimum	Maksimum
13	2	13
20	3	20
25	4	25
30	4.5	30
40	6	40
50	7.5	50
80	12	80
100	15	100

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

Sedangkan untuk memtukan diameter pipa penghantar biasanya dapat disesuaikan dengan ukuran pompa hidram yang direkomendasikan seperti yang tertera pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Diameter pipa penghantar berdasarkan ukuran pompa

Ukuran pompa hidram (inchi)	Diameter pipa penghantar (mm)
1	32
2	38
3	51
3,5	63,5
4	76
5	101
6	127

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

Berdasarkan ukuran pompa hidram maupun pipa penghantar, maka dapat diketahui debit air yang dibutuhkan pipa penghantar seperti terlihat pada tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.3 Debit air yang dibutuhkan pipa penghantar

Ukuran pompa hidram (inchi)	Debit yang dibutuhkan pipa penghantar (liter/menit)
1	7-16
2	12-25
3	27-55
3,5	45-96
4	68-137
5	136-270
6	180-410

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

#### 2.4.6 Pipa Keluar / Penyalur

Pipa keluar atau biasa disebut pipa penyalur merupakan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air hasil pemompaan yang berasal dari tabung udara. Ukuran diameter pipa penyalur biasanya lebih kecil dari ukuran diameter pipa penghantar, sedangkan ukuran panjangnya disesuaikan dengan ketinggian yang dibutuhkan.

#### 2.4.7 Sumber Air

Air yang masuk ke saluran pipa penghantar harus bebas dari sampah dan pasir maupun kerikil agar pompa tidak macet, karena sampah dan pasir yang ikut terbawa oleh air dapat menyumbat atau menahan klep. Jika air yang mengalir dari sumber air tidak bersih dari

sampah dan kerikil maka mulut pipa penghantar diujung sumber air harus dipasang saringan. Jika sumber air terlalu jauh dari pompa hidram, maka saluran air agar bisa mencapai pipa penghantarnya harus dirancang sedemikian rupa agar air bisa mencapai pipa penghantar tersebut. Saluran pipa kearah pipa penghantar, diameternya paling tidak dua kali lebih besar dari pipa penghantar.

#### 2.4.8 Tandon Air

Tandon air dipasang ditempat dimana air dibutuhkan. Fungsi dari tandon adalah untuk menampung air yang telah dipompa naik oleh pompa hidram. Ukuran tandon tergantung dari kapasitas yang dibutuhkan.

#### 2.4.9 Dudukan Hidram

Dudukan hidram terdiri dari besi (cor) profil siku yang dirangkai membentuk rangka baja dengan penyambungan las.

#### 2.4.10 Mur dan Baut pada sambungan

Materialnya dari besi. Seperti yang ada di pasaran pada umumnya.

### **2.5. Faktor Penting dalam Membuat Pompa Hidram**

Dalam pengoperasian pompa hidram sering ditemukan beberapa kendala, yang paling banyak dijumpai adalah klep buang yang tidak berfungsi dengan baik, misalnya:

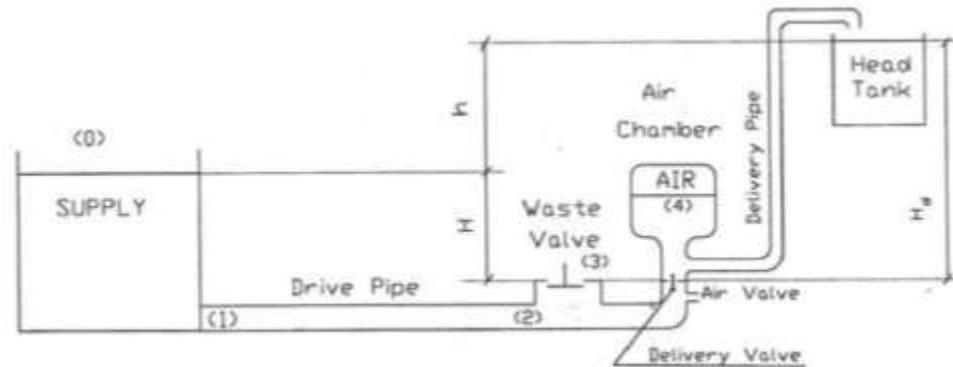
- a. Tidak dapat naik/menutup, disebabkan beban klep terlalu berat atau kurangnya debit air yang masuk pompa. Hal ini dapat diatasi dengan mengurangi beban atau memperpendek langkah klep buang.
- b. Klep tidak mau turun/membuka, disebabkan karena beban klep terlalu ringan, sehingga dapat diatasi dengan menambah beban atau memperpanjang langkah klep buang.

Agar pompa hidram dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan, maka dalam proses pembuatannya harus memperhatikan beberapa faktor penting, diantaranya:

- a. Diameter pipa pemasukan/penghantar supaya ditentukan dan dihitung sehingga tidak dapat menyerap seluruh debit air dari sumber air yang digunakan, dalam artian masih ada air yang melimpah dari tempat sumber air selama pemompaan bekerja. Hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan tinggi jatuh air dari sumber ke pompa.
- b. Diameter pipa untuk badan pompa supaya dibuat lebih besar dari pada diameter pipa pemasukan/penghantar. Hal ini berarti besar / kecilnya badan pompa ditentukan oleh besar / kecilnya diameter pipa pemasukan / penghantar.
- c. Diameter pipa untuk tabung udara sebaiknya dibuat lebih besar dari pada diameter badan pompa.
- d. Diameter lubang klep buang dan lubang klep tekan sebaiknya dibuat lebih besar dari pada diameter pipa pemasukan / penghantar.
- e. Sudut miring pipa pemasukan/penghantar dibuat antara 70 – 120 dengan panjang pipa dibuat 5 – 8 kali tinggi jatuh air.

- f. Selama pompa bekerja supaya tinggi angkat klep dan pemberat klep buang diatur sehingga klep dapat terangkat dan tertutup sebanyak 50 – 60 kali setiap menit.

## 2.6. Perancangan Pompa Hydran



Gambar 2.9 Skema instalasi pompa hydran ( Taye, 1998)

Dalam perancangan pompa hydran banyak hal harus diperhatikan agar hasil pemompaan yang diinginkan dapat tercapai. Dari Gambar 2.9 dapat dilihat data- data apa saja yang harus diketahui dalam perancangan pompa hydran, berikut prosedur perancangan pompa hydran.

### 2.6.1. Potensi sumber air

Pada awal proses perancangan hydran, terlebih dahulu kita perlu melakukan survey di lokasi pemasangan pompa. Setelah menentukan lokasi yang tepat untuk pembuatan pompa hydran maka data- data yang diperlukan dapat dicari. Data yang perlu dicari pada saat melakukan survey lokasi adalah :

1. Potensi dari sumber air antara lain tinggi jatuh air atau head sumber dan ketersediaan debit air yang cukup untuk menjaga kelangsungan proses pemompaan.

2. Jarak dari sumber air dengan lokasi tempat pemasangan pompa hydram dimana dari jarak tersebut akan menentukan untuk panjang pipa suplai.
3. Ketinggian pemompaan yang perlukan.

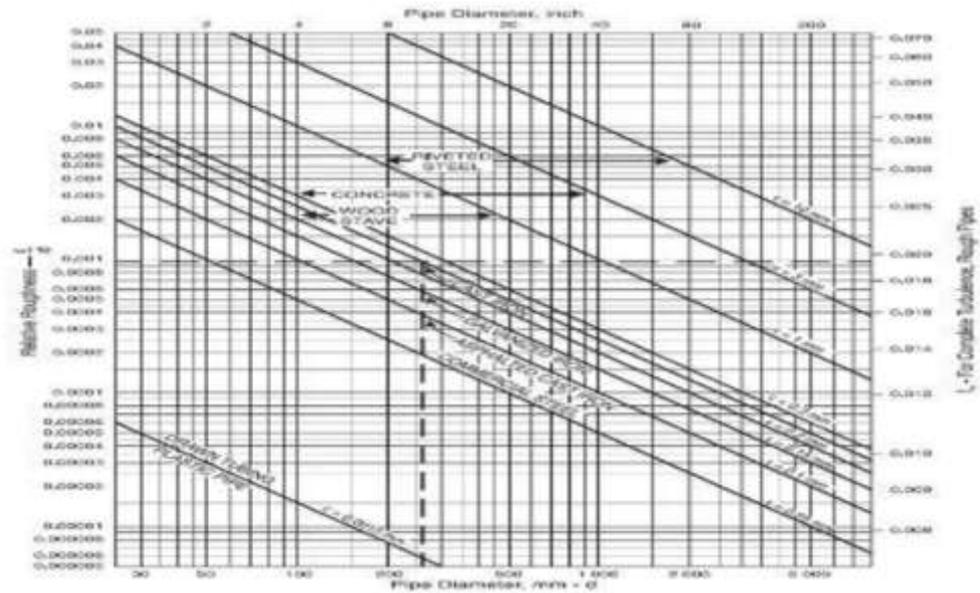
#### 2.6.2. Dimensi pipa suplai

Setelah jarak dari sumber dan letak pompa hydram diketahui maka dilakukan penentuan dimensi untuk pipa suplai. Untuk diameter pipa suplai ( $D_{drv}$ ) dapat kita tentukan dengan metode *Calvert*, dimana perbandingan antara panjang pipa suplai dan diameternya sebaiknya berada dikisaran 150 sampai 1000.

$$150 \leq \frac{L}{D} \leq 1000 \quad (2.1)$$

Selain metode *Calvert*, ada beberapa metode lain yang dapat digunakan misalnya metode Eytelwein, metode rusia serta metode Eropa dan Amerika Utara. Dalam penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *Calvert* karena banyak peneliti yang menyimpulkan bahwa metode *Calvert* menghasilkan nilai output yang paling memuaskan (Taye, 1998).

Setelah menentukan dimensi dari pipa suplai, kita dapat memilih jenis material pipa yang ingin digunakan. Jenis material berbeda akan memiliki kekasaran yang berbeda pula. Dari Gambar 2.10 dapat dilihat beberapa jenis material yang dapat digunakan dan tingkat kekasarannya.



Gambar 2.10 Relative Roughness Graphig (Fox, 2003)

Tingkat kekasaran ( $e$ ) akan berpengaruh pada besarnya kerugian yang akan terjadi. Kerugian yang terjadi akibat pergesekan antara molekul air dengan dinding bagian dalam pipa disebut rugi- rugi mayor yang besarnya,

$$M = f \frac{L}{D} \quad (2.2)$$

dimana,  $M$  adalah rugi- rugi mayor

$f$  adalah koefisien gesekan

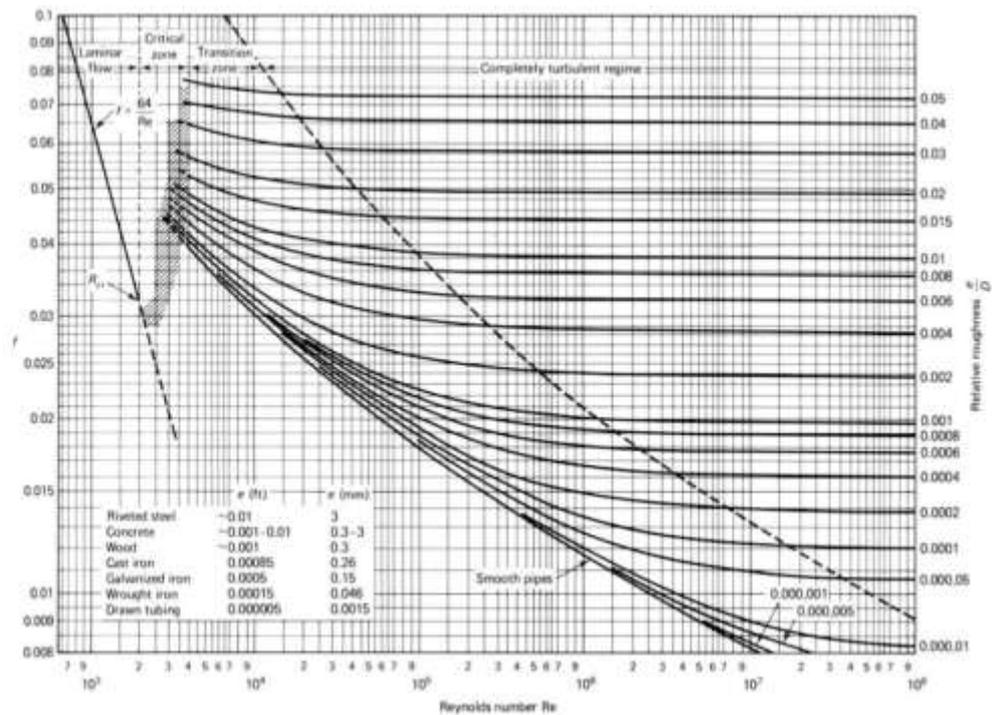
$L$  adalah panjang pipa

$D$  adalah diameter pipa

nilai  $f$  dapat diperoleh dengan menentukan bilangan Reynolds ( $Re$ ) dan kekasaran relatif ( $e/D$ ),

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (2.3)$$

setelah keduanya diperoleh, kita dapat menentukan nilai  $f$  dengan Gambar 2.11 berikut ini:



Gambar 2.11 Diagram Moody (Fox, 2003)

### 2.6.3. Dimensi katup buang

Seperti ditunjukkan sebelumnya, suatu pompa hydram memanfaatkan penutupan aliran secara tiba-tiba oleh katup buang untuk menghasilkan tekanan yang tinggi. Jika kita asumsikan bahwa pipa tidak elastis dan tidak mengalami deformasi, jika aliran di dalam pipa tersebut dihentikan secara tiba-tiba, maka kenaikan tekanan teoritis dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut, (Taye, 1998)

$$\Delta H = \frac{VC}{g} \quad (2.4)$$

dimana,  $\Delta H$  adalah kenaikan tekanan (m)

$V$  adalah kecepatan fluida di dalam pipa (m/s)

$C$  adalah kecepatan gelombang suara di dalam pipa (m/s)

$g$  adalah percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )

Kecepatan gelombang suara di dalam fluida dapat dihitung menggunakan persamaan,

$$C = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} \quad (2.5)$$

dimana,  $E_v$  adalah modulus elastisitas yang menggambarkan kompresibilitas fluida. Bilangan ini adalah perbandingan perubahan tekanan terhadap perubahan volume per satuan volume. Nilai modulus elastisitas ini yaitu  $2,07 \times 10^9 \text{ N/m}^2$   $\rho$  adalah massa jenis fluida, pada air yaitu sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$

Dengan memasukkan nilai- nilai tersebut diatas, akan diperoleh besar kecepatan suara di dalam air,  $C$ , yaitu sebesar  $1,440 \text{ m/s}$ .

Kecepatan kondisi steady dari suatu aliran dapat dihitung dengan persamaan, (Than, 2008)

$$V_s = \sqrt{\frac{2gH}{M}} \quad (2.6)$$

dimana,  $V_s$  adalah kecepatan kondisi steady ( $m/s$ )

$M$  adalah rugi- rugi mayor

Dengan demikian kita dapat menghitung debit aliran yang masuk melalui pipa suplai, yaitu sebesar

$$Q_{input} = V_{drv} \cdot A_{drv} \quad (2.7)$$

dimana,  $A_{drv}$  adalah luas penampang pipa suplai ( $\frac{\pi}{4} D_{drv}^2$ )

Karena adanya perbedaan ketinggian antara sumber dengan pipa suplai, air akan mengalami percepatan di dalam pipa suplai dan keluar melalui katup buang (waste valve). Besar percepatan ini dapat dihitung dengan persamaan,

$$H - f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} - \sum K \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{L}{g} \frac{dv}{dt} \quad (2.8)$$

dimana,  $K$  adalah faktor pengecilan dan pembesaran saluran

$\frac{dv}{dt}$  adalah percepatan fluida, yaitu laju perubahan kecepatan terhadap waktu. Jika besarnya percepatan fluida kita simbolkan dengan  $a$ , maka besar percepatan  $a$  adalah

$$a = \frac{g}{L_{drv}} \cdot \left( \frac{H - f \cdot \frac{L}{D} \cdot D_{drv}^2}{2 \cdot g} \right) \quad (2.9)$$

Gaya dorong yang timbul di katup buang sebesar,

$$F_{wv} = m \cdot a = \rho \cdot A_{drv} \cdot L_{drv} \cdot a \quad (2.10)$$

Than (2008) mengatakan untuk mencari berat dari katup buang, dapat menggunakan Persamaan 2.11 berikut ini

$$W_{wv} = \frac{2 \cdot A_s \cdot H \cdot \gamma \cdot C_d}{M} \quad (2.11)$$

dimana,  $W_{wv}$  adalah berat katup buang (N)

$A_s$  adalah luas katup buang (m<sup>2</sup>)

$\gamma$  adalah berat jenis air (N/m<sup>3</sup>)

$C_d$  adalah drag coefficient katup buang

$M$  adalah head loss coefficient

Diameter katup buang minimum yang sebaiknya dipakai yaitu sebesar diameter pipa suplai.

#### 2.6.4. Dimensi tabung udara

Than (2008) mengatakan untuk dimensi volume tabung udara berada diantara kisaran 20 sampai 50 kali volume air yang di pompakan per tiap siklus. Dalam pengoperasian pompa hydram akan selalu ada aliran air yang terbuang dan yang tersalur atau terpompakan. Volume air yang terbuang dalam satu siklus dapat kita perkirakan dengan Persamaan 2.12

$$Vol_w = \left( \frac{A_{drv} \cdot L_{drv}}{f \frac{L}{D}} \right) \ln \left( \frac{1}{1+a} \right) \quad (2.12)$$

dimana,  $Vol_w$  adalah volume air yang terbuang dalam satu siklus Sedangkan volume air yang tersalurkan dalam satu siklus dapat kita tentukan dengan Persamaan 2.13

$$Vol_d = \left( \frac{L_{del} \cdot A_{del}}{N} \right) \ln (1 + \beta) \quad (2.13)$$

dimana,  $Vol_d$  adalah volume air yang tersalurkan dalam satu siklus

Besarnya  $\alpha$  dan  $\beta$ , masing- masing adalah

$$\alpha = \frac{M \cdot D_{drv}^2}{2 \cdot g \cdot h} \quad (2.14)$$

$$\beta = \frac{N \cdot V_{drv}^2}{2 \cdot g \cdot h} \quad (2.15)$$

dimana,  $N$  adalah head loss coefficient untuk pipa penyaluran

### 2.6.5. Effisiensi pompa hydram

Metode yang biasa digunakan untuk menghitung efisiensi pompa hydram, yaitu

Metode Rankine. (Taye, 1998)

$$\eta_{Rankine} = \frac{q(h-H)}{(Q+q)H} \quad (2.16)$$

dimana,  $\eta_{Rankine}$  adalah efisiensi pompa (%)

$q$  = debit hasil,  $m^3/s$

$Q$  = debit limbah,  $m^3/s$

$h$  = head keluar, m

$H$  = head masuk, m

### 2.6.6. Energi yang dibangkitkan oleh pompa hidram dengan persamaan

Bemoulli

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 + h_L \quad (2.17)$$

dengan :

$P_0$  = tekanan pada titik N/m<sup>2</sup>

$P_3$  = tekanan pada katup buang, N/m<sup>2</sup>

$V_0$  = kecepatan aliran air pada titik 0 pada bak pemasok

$V_3$  = kecepatan aliran air pada katub buang [= 0] karena aliran air terhenti seiring menutupnya katub limbah, m/s

$Z_0$  = ketinggian titik 0 dari datum, m

$Z_3$  = ketinggian pada katup buang (0) karena diasumsikan segaris datum, m

$H_L$  = head losses, m

$\rho$  = massa jenis fluida, untuk air (= 1000), kg/m<sup>3</sup>

$g$  = percepatan gravitasi (= 9,81), m/s<sup>2</sup>